

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ³ : G01H 1/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 81/03702 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 24. Dezember 1981 (24.12.81)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE81/00092</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 16. Juni 1981 (16.06.81)</p> <p>(31) Prioritätsaktenzeichen: P 30 22 895.6</p> <p>(32) Prioritätsdatum: 19. Juni 1980 (19.06.80)</p> <p>(33) Prioritätsland: DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DR. HANS BOEKELS GMBH & CO. [DE/DE]; Am Gut Wolf 11, D-5100 Aachen (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRANKE, Lothar [DE/DE]; Kreuzstraße 19, D-5100 Aachen (DE). HILGE-LAND, Manfred [DE/DE]; An der Blutfinke 85, D-5600 Wuppertal 21 (DE). MOLITOR, Gerd [DE/DE]; Damaschkestr. 18, D-5100 Aachen (DE).</p>	<p>(74) Anwalt: HENNIG, Peter; Wismarer Str. 2, D-5400 Koblenz (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: BR, GB, JP, US.</p> <p>Veröffentlicht Mit dem internationalen Recherchenbericht Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist veröffentlicht. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>	

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE ACOUSTIC SUPERVISION OF MACHINES AND/OR PLANTS

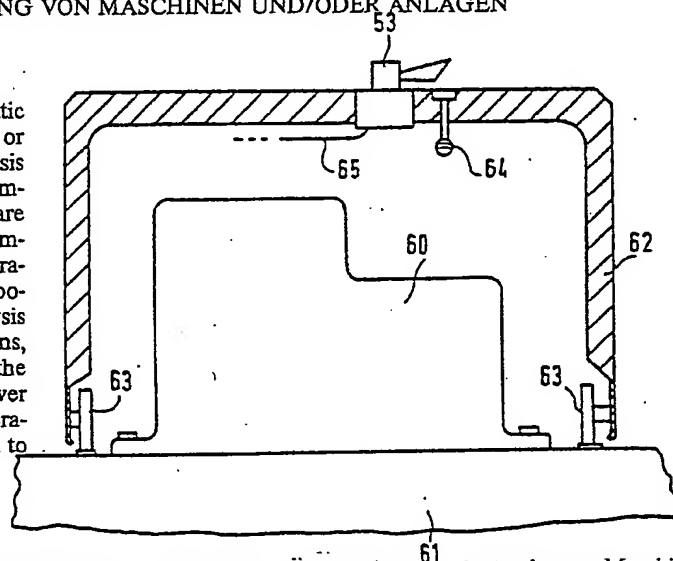
(54) Bezeichnung: AKUSTISCHE ÜBERWACHUNG VON MASCHINEN UND/ODER ANLAGEN

(57) Abstract

Analytical monitoring method, and automatic supervision device of the conditions of machines or plants during operation, based on the spectral analysis of acoustic oscillations, respectively vibrations. The amplitude of the oscillations, detected and analysed, are converted into spectrum power density values and compared to given spectrum power density values to generate signals in case of differences. The given spectrum power density values are obtained by detection, analysis and conversion of oscillations, respectively vibrations, occurring a normal operation, without failures, of the machine or the plant and are stored so that those power density values obtained during the successive operations of the machine or the plant may be compared to the stored values.

(57) Zusammenfassung

Analytisches Untersuchungsverfahren und Einrichtung zum selbsttätigen Überwachen des Zustandes von Maschinen oder Anlagen während des Betriebes auf der Grundlage der Analyse des Spektrums von Schall- bzw. Erschütterungsschwingungen, wobei Schwingungen aufgenommen und analysiert werden, indem die Amplituden der Schwingungen in spektrale Leistungsdichtewerte umgewandelt werden und mit vorgegebenen Leistungsdichtewerten verglichen werden, worauf beim Abweichen der ermittelten Leistungsdichtewerte von den vorgegebenen Leistungsdichtewerten Signale ausgelöst werden, und wobei Schwingungen bzw. Erschütterungen zunächst bei störungsfreier Soll-Funktion der Maschine oder Anlage aufgenommen, analysiert und zu Leistungsdichtewerten umgewandelt werden und als vorgegebene Werte gespeichert werden und sodann weiterhin Schwingungen bzw. Erschütterungen während des weiteren Betriebes der Maschine oder Anlage in gleicher Weise in Leistungsdichtewerte umgewandelt und sodann mit den vorgenannten, gespeicherten Leistungsdichtewerten verglichen werden.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	KP	Demokratische Volksrepublik Korea
AU	Australien	LI	Liechtenstein
BR	Brasilien	LU	Luxemburg
CF	Zentrale Afrikanische Republik	MC	Monaco
CG	Kongo	MG	Madagaskar
CH	Schweiz	MW	Malawi
CM	Kamerun	NL	Niederlande
DE	Deutschland, Bundesrepublik	NO	Norwegen
DK	Dänemark	RO	Rumänien
FI	Finnland	SE	Schweden
FR	Frankreich	SN	Senegal
GA	Gabun	SU	Sowjet Union
GB	Vereinigtes Königreich	TD	Tschad
HU	Ungarn	TG	Togo
JP	Japan	US	Vereinigte Staaten von Amerika

AKUSTISCHE UBERWACHUNG VON MASCHINEN UND/ODER ANLAGEN

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein analytisches Untersuchungsverfahren zum selbsttätigen Überwachen des Zustandes von Maschinen oder Anlagen während des Betriebes und/oder von Fertigungsprozessen auf der Grundlage der Analyse des Spektrums von Schall- bzw. Erschütterungsschwingungen, die beim Betrieb der Maschine oder Anlage bzw. beim Fertigungsprozess entstehen und die sich bei störungsfreier Sollfunktion der Maschine oder Anlage bzw. bei störungsfreiem Ablauf des Fertigungsprozesses vom Zustand im Fall einer Störung beliebiger Ursache typischerweise unterscheiden. Hierbei werden zunächst Schwingungen aufgenommen; sodann werden diese Schwingungen analysiert, indem das Amplitudenbild der aufgenommenen Schwingungen in eine Spektraldarstellung mit Ausweis der in einem oder mehreren Frequenzbändern ermittelten spektralen Leistungsdichtewerte umgewandelt wird; darauf werden die ermittelten Leistungsdichtewerte mit vorgegebenen Leistungs-

dichtewerten in jedem zu Überwachenden Frequenzband verglichen; und schließlich werden beim Abweichen der ermittelten Leistungsdichtewerte von den vorgegebenen Leistungsdichtewerten Signale ausgelöst.

Ferner betrifft die Erfindung eine Einrichtung zum selbsttätigen Überwachen des Zustandes von Maschinen oder Anlagen während des Betriebes und/oder von Fertigungsprozessen auf der Grundlage der Analyse des Spektrums von Schall- bzw. Erschütterungsschwingungen, die beim Betrieb der Maschine oder Anlage bzw. beim Fertigungsprozess entstehen und die sich bei störungsfreier Sollfunktion der Maschine oder Anlage bzw. bei störungsfreiem Ablauf des Fertigungsprozesses vom Zustand im Fall einer Störung beliebiger Ursache typischerweise unterscheiden und die zunächst einen oder mehrere Schwingungsaufnehmer, z. B. Erschütterungsaufnehmer oder Mikrophone aufweist, die weiterhin einen mit den Schwingungsaufnehmern elektrisch verbundenen Spektralanalysator aufweist, der das Amplitudenbild der aufgenommenen Schwingungen in eine Spektraldarstellung mit Ausweis der in einem oder mehreren Frequenzbändern ermittelten spektralen Leistungsdichtewerte umwandelt, die ferner Vergleichsschaltungen aufweist zum Vergleichen der ermittelten Leistungsdichtewerte mit durch Einstellung vorgegebenen Leistungsdichtewerten in jedem zu Überwachenden Frequenzband und die schließlich Signal- und Schalteinrichtungen aufweist zur Anzeige und/oder zum Auslösen von Steuerbefehlen beim Abweichen der ermittelten Leistungsdichtewerte von den vorgegebenen Leistungsdichtewerten.

Es ist bekannt, daß Maschinen aller Art, in denen sich Maschinenteile bewegen und mit deren Hilfe Werkstücke bearbeitet werden, ein bestimmtes Schallspektrum ausstrahlen und/oder ein bestimmtes Erschütterungsspektrum aufweisen, welches zu einem erheblichen Teil auch mit dem menschlichen Ohr kontrolliert werden kann. In diesem Zusammenhang zählt es zum

Erfahrungsschatz von geübten Maschineneinrichtern, daß sie mit ihrem Ohr die einwandfreie Funktion einer laufenden Maschine kontrollieren und durch Abweichungen von dem gewohnten Klangbild auf Störungen in der Maschine oder in der Werkstückbearbeitung schließen können.

Die physikalische Arbeitsweise der bisher bekannten Überwachungsgeräte läuft darauf hinaus, aus dem vorwiegend mit elektrischen Mitteln aufgenommenen Schwingungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit ein Urteil über die Zusammensetzung des Schall- bzw. Erschütterungsspektrums zu gewinnen. - Das so aufgenommene Schallsignal ist jedoch noch nicht zur Auswertung geeignet. Es muß erst daraufhin untersucht werden, welche spezifischen Leistungen im einzelnen voneinander unterschiedenen Frequenzbereichen abgestrahlt werden. Dafür sind im wesentlichen zwei Methoden bekannt: Die aufeinanderfolgende Untersuchung des Schwingungsgemisches mit selektiven Filtern und die sogenannte (schnelle) Fourier-Transformation.

Die erstgenannte Methode mittels Filtern verwendet entweder aufeinanderfolgend geschaltete oder kontinuierlich durchgestimmte Bandfilter mit einer bestimmten Intervallbreite (z.B. Oktavfilter oder Terzfilter) und es wird das jeweilige Ausgangssignal angezeigt oder aufgezeichnet. Damit entsteht ein sogenanntes Leistungsdichtespektrum, das als Einhüllende einer Kurve oder als Balkendiagramm Aufschluß darüber gibt, welche unterschiedlichen Schall- bzw. Erschütterungsleistungen die Maschine in den einzelnen Frequenzbändern abstrahlt. Eine derartige Darstellung über eine nach Frequenzen geteilten Aufzeichnungsachse wird gemeinhin als Spektraldarstellung bezeichnet. Diese Darstellung zeigt an, welche Schall- bzw. Erschütterungsleistungen die Maschine in den einzelnen Frequenzintervallen abstrahlt. Entsprechend der unterschiedlichen mechanischen Entstehungsursachen für Schall und Erschütterungen in der Maschine - je nachdem, ob die Entstehungs-

ursache z. B. in einem Lager, einem Getriebe oder bei einer Werkstückverformung entsteht - werden sich Immissionen im Schall- bzw. Erschütterungsspektrum auch an anderer Stelle bemerkbar machen. Da mechanische Störungen an Maschinen sich meist als ungewollte Reibung auswirken, kann davon ausgegangen werden, daß solche Störungen sich durch Vergrößerung vorhandener bzw. durch Neuauftreten bislang nicht vorhandener Schall- bzw. Erschütterungsfrequenzen bemerkbar machen. Das aufgezeichnete Leistungsdichtespektrum gibt somit ein Bild über den Schwingungszustand des Gesamtsystems Maschine/Werkstück in störungsfreiem und in gestörtem Zustand.

Die zweite Methode, die (schnelle) Fourier-Transformation besteht darin, daß man den emittierten Schall, der zunächst als Analogsignal aufgenommen wird, mit an sich bekannten elektronischen Mitteln digitalisiert und die damit gewonnenen diskreten Amplitudensignale speichert. Diese Werte unterwirft man dann einer bekannten mathematischen Umwandlung, die unter dem Namen "Fourier-Transformation" bekannt ist. Dabei werden die ursprünglich über einer Zeitachse aufgezeichneten Schall- bzw. Erschütterungssignale in eine äquivalente Darstellung umgerechnet, die die ausgestrahlten Leistungsdichten über einer nach Frequenzen unterteilten Darstellungsachse ausweist. Für diese Aufgabe gibt es spezielle integrierte Halbleiterbausteine (FFT-Schaltkreise-fast Fourier-Transformation). Im Ergebnis einer solchen Umwandlung erscheint eines Oszilloskops oder auf dem Diagramm eines schreibenden Meßgerätes ein Schall- bzw. Erschütterungsspektrum von prinzipiell gleicher Art wie bei der (physikalischen) Analyse des Schwingungsgemisches durch Bandfilter. Sie gibt Aufschluß über die Zusammensetzung und über die abgestrahlte Leistung in den jeweiligen Frequenzbereichen. Die Einhüllende dieser Spektraldarstellung umschreibt eine Fläche, welche der gesamten Schall- bzw. Erschütterungsleistung äquivalent ist.

Es sind Meßgeräte bekannt, die die vorstehend erwähnte Spektralanalyse nach der einen oder anderen Methode durchführen und das Ergebnis mit geeigneten Mitteln anzeigen, beispielsweise auf dem Schirm eines Oszilloskops oder auf einem schreibenden Meßgerät, wobei auch Darstellungen in anderen aussagefähigen Koordinatensystemen, z. B. Ortskurven, vorkommen. Stets ist jedoch ein Fachmann erforderlich, der diese Darstellungen fortlaufend beobachtet, um erforderlichenfalls bei eintretenden oder sich ankündigenden Störungen einzugreifen. Man erkennt am aufgezeichneten Schall- bzw. Erschütterungsspektrum deutlich, an welcher Stelle es sich atypisch verändert und kann daraus Schlüsse auf eine abweichende Funktion oder Fehlfunktion der Maschine ziehen und die Maschine zur Einleitung geeigneter Abhilfemaßnahmen willkürlich anhalten. Eine solche laufende Beobachtung ist jedoch kaum praktikabel und widerspricht dem Rationalisierungsstreben. Stattdessen wäre es einfacher, die Maschine selbst zu überwachen, wie eingangs erläutert.

Man könnte nun von der Erwartung ausgehen, daß man den Zwang zu andauernder Beobachtung derartiger spektralanalytischer Überwachungsgeräte dadurch umgeht, daß man ein "typisches Schall- bzw. Erschütterungsspektrum" einer bestimmten Maschine in geeigneter Weise festlegt und durch eine Vergleichsschaltung dieses festgelegte Schall- bzw. Erschütterungsspektrum mit den laufenden aktuellen Meßergebnissen vergleicht.

Bei näherer Betrachtung des Problems zeigt sich jedoch, daß es ein "typisches Schall- bzw. Erschütterungsspektrum" einer bestimmten Maschine gar nicht gibt und auch gar nicht geben kann. Neben Einflüssen, die sich aus Aufstellungsort und Umgebung ergeben, gehen wesentliche Einflüsse von der Betriebsart und von den von einer Maschine bearbeiteten Werkstücken aus. So ändert sich das Schall- bzw. Erschütterungsspektrum einer Maschine mit ihrer Antriebsdrehzahl, mit der sich das emittierte Spektrum längs der Frequenzachse einerseits ver-

schiebt, andererseits im Hinblick auf damit bewirkte veränderte Resonanzbedingungen qualitativ verändert. Von Fall zu Fall gänzlich unterschiedliche Schall- bzw. Erschütterungsspektren ergeben sich bei Bearbeitungsmaschinen für unterschiedliche Werkstücke und Werkstoffe, so daß die auftretenden Schall- bzw. Erschütterungsspektren nicht im mindesten vorhergesehen werden können. Ein weicher Werkstoff z. B. führt zu einem anderen Schall- bzw. Erschütterungsspektrum als ein harter; verhältnismäßig geringe Verformungs- und/oder Schnittkräfte äußern sich in dieser Hinsicht anders als größere Kräfte.

Ein "typisches" Schall- bzw. Erschütterungsspektrum kann auch aus einem weiteren wichtigen Grund nicht generell beschrieben werden. Vorwiegend solche Maschinen nämlich, bei denen wesentliche Maschinenteile hin- und hergehende Bewegungen ausführen, etwa Maschinen mit einem Kurbelantrieb, senden kein zeitlich gleichbleibendes Schall- bzw. Erschütterungsspektrum aus, wie es etwa von einer Maschine mit ausschließlich rotierenden Teilen erwartet werden könnte. Das Schall- bzw. Erschütterungsspektrum von Maschinen mit hin- und hergehenden Maschinenteilen ändert sich im Verlauf eines Maschinenzyklus, es "atmet".

Aufgabe

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Maschinen oder Anlagen während des Betriebes und/oder Fertigungsprozesses auf der Grundlage der Analyse des Spektrums von Schall- bzw. Erschütterungsschwingungen selbsttätig zu überwachen. Zur Lösung dieser Aufgabe wird das im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebene Verfahren vorgeschlagen. Eine zum Durchführen dieses Verfahrens geeignete Einrichtung ist im Anspruch 2 angegeben. Eine Alternativ-

lösung zur Einrichtung nach Anspruch 2 ist im Anspruch 3 aufgezeigt; diese Lösung betrifft Maschinen oder Anlagen bzw. Fertigungsprozesse, bei denen die auftretenden Schwingungen zyklisch wiederkehren.

Vorteile

Durch Anwendung der Erfindung ist es möglich, Maschinen oder Anlagen und/oder Fertigungsprozesse selbsttätig zu überwachen, so daß nicht mehr wie bisher geübtes Fachpersonal notwendig ist, um den Betrieb solcher Maschinen bzw. Anlagen und den Fertigungsprozess zu überwachen. Es ist lediglich notwendig, zu Beginn des Betriebes der Maschine bzw. zu Beginn eines Fertigungsprozesses bei störungsfreier Sollfunktion der Maschine bzw. bei störungsfreiem Ablauf des Fertigungsprozesses die in an sich bekannter Weise aufgenommenen und analysierten Schwingungen als vorzugebende Soll-Leistungsdichtewerte auf gesonderte Datenspeicher zu leiten und sodann die Überwachung der Maschine oder des Fertigungsprozesses durch Vergleichen der in vorzugebenden zeitlichen Abständen wiederholt durchgeführten Analyse des Schall- bzw. Erschütterungsspektrums selbsttätig erfolgen zu lassen.

In Weiterbildung der Lösung nach Anspruch 3 ist es entsprechend dem Vorschlag nach Anspruch 4 zweckmäßig, daß die Zeitfensterschaltung mit den zugehörigen Torschaltungen dazu geeignet ist, nicht nur ein einziges Zeitfenster, sondern einstellbar deren mehrere innerhalb eines Arbeitstaktes freizugeben, z.B. ein zweites Zeitfenster, wobei für jedes vorgesehene zusätzliche Zeitfenster ein gesonderter Datenspeicher vorhanden ist zur Speicherung der vorzugebenden Soll-Leistungsdichtewerte, die dem zugehörigen Zeitfenster zugeordnet sind und über eine ODER-Logik gemeinsam mit den ande-

ren Datenspeichern in die Torschaltungen zu den Vergleichsschaltungen gelangen. Auf diese Weise ist es möglich, bezüglich ihres Informationsgehaltes im Zusammenhang mit der Überwachung der Maschine bzw. des Fertigungsprozesses interessante und aussagekräftige, zu bestimmten Zeitpunkten oder in bestimmten Zeiträumen auftretende Schwingungen aus dem übrigen Schwingungsverlauf auszublenden und jeweils gesondert in gleicher Weise zu verarbeiten.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, im einen oder anderen Fall gewisse, bei der Überwachung grundsätzlich berücksichtigte Frequenzbänder von der Weiterverarbeitung der Signale auszuschließen. Hierzu sind nach Anspruch 5 Frequenzbandschalter vorgesehen zum Ausschalten der Signalübertragung in jedem beliebigen der wählbaren Frequenzbänder.

Weiterhin betrifft die vorliegende Anmeldung auch eine besondere Anwendung der vorstehend erläuterten Erfindung. Die Anwendung betrifft eine Presse zum Herstellen von Bolzen aus Drahtabschnitten oder eine ähnliche Arbeitsmaschine. Diese, im Anspruch 6 beschriebene Anwendung ist durch die Kombination folgender Merkmale gekennzeichnet: Der Presse ist eine Schallschluckhaube oder ein ähnlicher Schallabsauger zugeordnet und der Presse ist eine Einrichtung gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche zugeordnet, deren Schwingungsaufnehmer innerhalb des von der Schallschluckhaube umschlossenen Raumes angeordnet sind.

Diese Anwendung der eingangs erläuterten Erfindung ist deshalb besonders vorteilhaft, weil einerseits gerade solche Arbeitsmaschinen in ganz besonderer Weise ein Schall- bzw. Erschütterungsspektrum abstrahlen, welches sich sehr gut zur Überwachung des störungsfreien Betriebs bzw. des Fertigungsprozesses eignet, welches aber andererseits mit verhältnismäßig hohen abgestrahlten Schallenergien einhergeht, so daß aus Gründen der sonst erheblichen Geräuschbelastung des Be-

dienungspersonals - insbesondere im Fall mehrerer nebeneinanderstehender Maschinen - mehr und mehr dazu übergegangen wird, Schallschluckhauben oder ähnliche Schallabsorber während des Betriebes der Maschinen zu verwenden, so daß die gerade hier recht gut mögliche Überwachung des abgestrahlten Schalls mit dem Ohr eben nicht mehr möglich ist.

In Weiterbildung des Gegenstandes des Anspruches 6 wird schließlich noch vorgeschlagen, daß Schwingungsaufnehmer und Signaleinrichtung an der Schallschluckhaube befestigt sind.

Erläuterung der Erfindung

Anhand der Figuren 1 bis 4 der Zeichnung wird die Erfindung im folgenden näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 ein Diagramm, in dem der beispielsweise von einer Maschine mit hin- und hergehenden Maschinenteilen abgestrahlte Schall über einer Zeitachse dargestellt ist,

Fig. 2 ein Diagramm mit verschiedenen Spektraldarstellungen, die jeweils einem bestimmten Zeitabschnitt des Schwingungsverlaufes nach Figur 1 zugeordnet sind,

Fig. 3 eine Einrichtung bzw. Schaltungsanordnung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 4 in schematischer Darstellung eine nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. mit der erfindungsgemäßen Einrichtung zu über-

wachende Arbeitsmaschine mit einer Schallschluckhaube.

In dem Diagramm nach Fig. 1 ist für von einer Arbeitsmaschine mit zyklisch wiederkehrender Arbeitsfolge abgestrahlter Schwingungen (Schall- und/oder Erschütterungen) der Schwingungsverlauf 1 über einer Zeitachse 2 als Abszisse aufgezeichnet. Neben der Ordinate 3 des Diagramms sind beispielsweise die Amplituden des Schalldrucks dargestellt. Der Schwingungsverlauf 1 gibt einen vollständigen Maschinenzyklus - also den Betrieb der Arbeitsmaschine über beispielsweise vollständige Kurbelumdrehung des Kurbelantriebs, mit dem gesamten Zeitbedarf 4 wider. Der Zeitbedarf 4 ist beispielsweise in die sechs Zeitabschnitte 5, 6, 7, 8, 9 und 10 entsprechend je 60 Grad Kurbeldrehung unterteilt. Die von der Maschine abgestrahlten Schwingungsgemische sind in jedem der Zeitabschnitte 5 bis 10 anders als in den übrigen Zeitabschnitten. Dies wird deutlich anhand der Darstellung in Figur 2.

In Figur 2 sind die Schwingungsgemische, die dem jeweils betreffenden der vorgenannten Zeitabschnitte 5 bis 10 zugeordnet sind, in jeweils einem der dort gezeigten Leistungsdichtespektrogramme 13, 14, 15, 16, 17 und 18 dargestellt. Die senkrechten Achsen 19 dieser Leistungsdichtespektrogramme geben die Leistungsdichte wider, die waagerechten Achsen 20 sind nach Frequenzen bzw. Frequenzbändern unterteilt, im vorliegenden Fall für acht Frequenzbänder 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 und 28. Beispielsweise ist im Spektrogramm 13 mit 29 die Leistungsdichte innerhalb des Frequenzbandes 25 dargestellt, und zwar bezogen auf den Zeitabschnitt 5 nach dem Diagramm in Figur 1, wobei hier wie auch in den übrigen, folgenden Spektrogrammen die allgemein gebräuchliche, sogenannte Balkendarstellung verwendet ist.

Für einen gedachten Beobachter, der auf einem Oszilloskopschirm erscheinenden Spektrogramme 13 bis 18 würden sich die Höhen der einzelnen Balken in den kurzen Zeiträumen, in denen die Zeitabschnitte 5 bis 10 aufeinanderfolgen, fortwährend ändern. Sowohl eine subjektive Überwachung wie auch der Vergleich mit einem fiktiven "typischen" Spektrum wären deshalb illusorisch. Die "atmenden" Spektren würden Störungen selbst dann vortäuschen, wenn gar keine solchen vorhanden wären.

Zur Lösung der Aufgabe, beispielsweise eine derartige Arbeitsmaschine mit zyklisch wiederkehrender Arbeitsfolge selbsttätig auf atypische Abweichungen in den Spektrogrammen bzw. im abgestrahlten Schwingungsverlauf zu überwachen, ist die im folgenden beschriebene, erfindungsgemäße Einrichtung bzw. Schaltungsanordnung geeignet. Diese, in Fig. 3 schematisch umrissene Einrichtung bzw. Schaltungsanordnung stellt aber selbstverständlich nur eine von mehreren unterschiedlichen Ausführungsmöglichkeiten zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens dar. Bei Kenntnis des Grundgedankens der vorliegenden Erfindung ist es einem Fachmann auf dem zur Rede stehenden technischen Gebiet durchaus möglich, ohne weitere erfinderische Bemühungen alternative Lösungen zu entwerfen.

Um die Arbeitsweise einer derartigen Einrichtung hinreichend genau beschreiben zu können, wurde dabei auf Lösungswege zurückgegriffen, die weitgehend für festverdrahtete Logik eines elektronischen Gerätes kennzeichnend sind. Eine andere Ausführung unter Verwendung einer freiprogrammierbaren Steuerung mit Zentraleinheit, Programmspeicher, Datenspeicher und Eingangs-/Ausgangsschaltungen, die die gleiche Funktion sicherstellen, wird hier als technisch äquivalent angesehen und nicht besonders erläutert. Das zur Erstellung des Programms in einem derartigen Fall notwendige Wissen um die mit

der Erfindung vermittelte technische Lehre ergibt sich zwangsläufig und eindeutig aus der folgenden Beschreibung.

Die erfindungsgemäße Einrichtung zum Überwachen einer Maschine 30 auf störungsfreie Funktion besitzt im Signal-Eingang eine Vorrichtung 31 zur Aufnahme des Erschütterungs- und/oder Schallspektrums, z. B. ein Mikrophon oder einen Beschleunigungsaufnehmer zur Aufnahme der sich als Körperschall mitteilenden Maschinenerschütterungen. Das Vorhandensein üblicher Signalverstärker wird unterstellt. Die aufgenommenen Signale werden dann einer Torschaltung 32 zugeführt, die bei Maschinen mit zyklischem Ablauf (Zeitbedarf 4) dazu dienen, die Funktion des erfindungsgemäßen Gerätes bzw. der Einrichtung auf einen oder auf mehrere wählbare Teile 11, 12 usw. dieses Zyklus bzw. Zeitbedarfs 4 zu beschränken.

Die Torschaltung 32, hier dargestellt als logisches UND-Gatter, erhält Öffnungssignale von einer Zeitfensterschaltung 33. Derartige Zeitfensterschaltungen gehören zum Stand der Technik und brauchen hier nicht im einzelnen erläutert zu werden. Die Zeitfensterschaltung 33 ist über eine Kopplungseinrichtung 34 mit der Maschine 30 gekoppelt. Im einfachsten Fall kann für eine Zeitfensterschaltung ein Nockenschalter verwendet werden, der durch einen Nocken auf einer mit dem Kurbelantrieb der Maschine 30 umlaufenden Nockenscheibe betätigt wird, wobei der Kurbelwinkel, bei dem der Nocken den Nockenschalter betätigt, bestimmend ist für den Winkelbereich der Kurbelstellung, über den hinweg das Zeitfenster die Torschaltung 32 öffnet (beispielsweise über die Teile 11 und 12 des Zeitbedarfs 4 hinweg). Die Nockenscheibe kann auch mehrere Nocken aufweisen, die im Verlauf einer Kurbelumdrehung mehrere Zeitfenster (entsprechend beispielsweise den Teilen 11 und 12 des Zeitbedarfs 4) realisieren, wodurch weitere nach Kurbelwinkel und Zeitdauer durchaus unterschiedliche Signale als Öffnungssignale für die Torschaltung 32 (und zugleich auch für die später zu erläuternden Torschaltungen 45) weiterge-

schaltet werden können.

Gleichwertig zu einer durch einen Nockenschalter realisierten Zeitfensterschaltung 33 ist eine elektronische Lösung, beispielsweise dadurch, daß mit der Kopplungseinrichtung 34 eine elektrooptischer oder elektromagnetischer Winkelschritgeber ausreichender Auflösung angetrieben wird, der eine Zählschaltung speist. Die Zählschaltung wird bei einer bestimmten Kurbelstellung dadurch synchronisiert, daß sie auf Null gestellt wird. Mit beispielsweise zwei Einstellvorrichtungen, z. B. Zifferneinstellern, 35, 36 können jene Schrittzahlen vom Bedienungspersonal eingestellt werden, die Beginn (Einstellvorrichtung 35) und Ende (Einstellvorrichtung 36) des oder der Zeitfenster entsprechend den Teilen 11 und 12 und damit ebenso wie bei dem erwähnten Nockenschalter dessen Kurbelwinkel und Dauer definieren.

Über Signalleitungen 37 gehen die Öffnungsbefehle der Zeitfensterschaltung 33 an die Torschaltung 32 und die später zu beschreibenden Torschaltungen 45.

Mit 38 ist ein Spektralanalysator bezeichnet, wobei es gleichgültig ist, ob die technische Realisierung mit dem oben beschriebenen Bandfilterverfahren auf physikalischem Wege oder andererseits auf mathematischem Wege durch (schnelle) Fourier-Transformation oder durch ein anderes Verfahren erfolgt, welches die Schall- bzw. Erschütterungsamplituden in ein Leistungsdichtespektrum umwandelt. Am Ausgang des Spektralanalysator 38 liegen jedenfalls in den Leitungen 39 Informationen über die in mehreren aneinandergrenzenden oder nicht aneinandergrenzenden Frequenzbändern 21 bis 28 enthaltenen Leistungsdichten (19) der von der Vorrichtung 31 aufgenommenen Schall- bzw. Erschütterungsamplituden vor.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß es für den Erfindungsgehalt des hier beschriebenen Gerätes gleich-

gültig und gleichwertig ist, ob diese Leistungsdichteinformationen für mehrere Frequenzbänder erfolgt, wie in Fig. 3 als Beispiels mit drei Leitungen 39 und den ihnen folgenden Schaltungsteilen dargestellt, parallel und gleichzeitig auf verschiedenen Leitungskanälen, beispielsweise wie dargestellt drei Kanälen. Diese drei Kanäle dienen hier nur als ein mögliches Beispiel und es kann jede andere erforderliche und zweckmäßige Anzahl von Kanälen vorhanden sein, für die der Spektralanalysator 38 ausgelegt ist. Entsprechend müssen die folgenden Bauteile in den Parallelkanälen des Gerätes jeweils in der gewählten Kanalzahl vorhanden sein, worauf hier ausdrücklich hingewiesen wird.

Grundsätzlich gleichwertig hierzu ist auch ein Spektralanalysator, dessen Schaltungsausgang 39 eine zeitlich ineinandergeschachtelte serielle Information über das gesamte Leistungsdichtespektrum (z. B. 13 bis 18) in einem einzigen Kanal liefert. In diesem Fall wären die beispielsweise für drei Parallelkanäle vorgesehenen Bauteile jeweils nur einmal vorhanden und wären dafür in an sich bekannter Weise auf die Verarbeitung seriell anfallender Informationen ausgelegt. Erst in der später zu beschreibenden Signalauswerteschaltung würde eine Umwandlung der seriellen Information in parallele Informationen erfolgen.

Die Leitungen 39 am Ausgang des Spektralanalysators 38 führen über Analog-Digital-Wandler 40 zu einem Betriebsartenschalter 41. Selbstverständlich sind diese Analog-Digital-Wandler 40 nur dann vorzusehen, wenn der verwendete Spektralanalysator 38 analoge Ausgangssignale liefert, während solche Wandler bei digitalem Signalformat an dieser Stelle entfallen.

Die nunmehr mit digitalen Leistungsdichte-Informationen gespeisten Signalleitungen 39 sind mit dem Betriebsartenschalter 41 so verbunden, daß dieser bei der hier dargestellten

Parallelverarbeitung jeden einzelnen Frequenzkanal 21 bis 28 getrennt auf zwei verschiedene Leitungswege schalten kann: Auf die Leitungen 42, wie in Fig. 3 dargestellt in der Betriebsart "LERNEN" bzw. "SPEICHERN" oder auf die Leitungen 43 in der Betriebsart "ÜBERWACHEN". In der Betriebsart "LERNEN" gelangen die Leistungsdichtesignale über die Leitungen 42 in den Datenspeicher 44 in dem sich (physikalisch getrennt oder programmiert) so viele Speicherbereiche 45 mit Schreib-/ Lesespeichern befinden, wie Frequenzbänder (21 bis 28) ausgewertet werden bzw. ausgewertet werden sollen. Die in diesen Speicherbereichen 45 gespeicherten Leistungsdichtewerte werden in ihrer Gesamtheit im folgenden als Soll-Spektrum bezeichnet, welches für den später zu beschreibenden Vergleich vorzugeben ist. Es handelt sich dabei um jenes Leistungsdichtespektrum, das nach vollständiger Einrichtung einer Maschine unter Betriebsbedingungen in der Betriebsart "LERNEN" aufgenommen wird und dabei alle aktuellen sich aus den momentan gegebenen Verhältnissen von selbst einstellenden Schall- bzw. Erschütterungsfrequenzen bei störungsfreiem Lauf der Maschine enthält. Diese gespeicherten, gleichsam von der Maschine übernommenen und somit "gelernten" Werte werden dann im laufenden Betrieb mit den in der Betriebsart "ÜBERWACHEN" genannten anderen Stellung des Betriebsartenschalters 42 über die Leitungen 43 einlangenden Signalen verglichen, die im Störfall dann auch die für die Störung charakteristischen Leistungsdichtewerte (19) in bestimmten Frequenzbändern (21 bis 28) enthalten.

Zu diesem Zweck stehen die Speicher mit Torschaltungen (46) in Verbindung, die genauso wie die zuvor beschriebene Torschaltung 32 für den Signalfluß lediglich während der durch Einstellung der Zeitfensterschaltung 33 an den Einstellvorrichtungen 35 und 36 definierten zyklischen Zeitbereichen, hier Zeitfenster (z.B. Teile 11 und 12) genannt, geöffnet sind. Dadurch soll vermieden werden, daß in der Betriebsart

"ÜBERWACHEN" infolge der Wirksamkeit der Torschaltung 32 nur während "geöffneter" Zeitfenster (z.B. 11 und/oder 12) einlangende Signale in den Zeitfensterpausen irrtümlich mit den in den Speichern 45 dauernd festgehaltenen Sollwerten verglichen werden.

Der eigentliche Vergleich zwischen Soll-Spektrum und Ist-Spektrum findet in den Vergleichsschaltungen 47 statt. In die Vergleichsschaltungen 47 münden die das Ist-Spektrum heranzuführenden Signalleitungen 43. Der Vergleich der digitalen Leistungsdichtewerte erfolgt im Beispiel arithmetisch, so daß die Ausgangsleitungen 48 der Vergleichsschaltungen nach Vorzeichen und Differenz die Abweichungen der momentanen Leistungsdichten 19 in den einzelnen Frequenzbändern 21 bis 28 in die Signalauswerteschaltung 49 leiten.

Die Signalauswerteschaltung 49 dient dazu, die gewonnenen Leistungsdichtesignale der einzelnen Frequenzbänder 21 bis 28 zu quantifizieren und zur Signalgabe oder zur Auslösung von Steuerbefehlen umzuwandeln. An dieser Stelle würde im Fall einer hier nicht dargestellten seriellen Signalübertragung die Umwandlung in parallele Kanäle erfolgen. Da Fig. 3 jedoch schon als Beispiel diese Parallelverarbeitung aufweist, erübrigt sich die Darstellung dieser hier nicht benötigten Umwandlungsschaltung.

Zunächst werden die durch die Leitungen 48 zugeführten Signale über für jedes Frequenzband 21 bis 28 getrennt zu betätigende Schalter 50 geleitet; hiermit ist es möglich, bestimmte Frequenzbänder aus der Überwachung auszuschließen, in denen sich beispielsweise Änderungen in der spektralen Leistungsdichte abspielen, ohne auf signifikante Störungen schließen zu lassen.

Weiter durchlaufen die Leistungsdichtesignale mehrere Schwellwerteschaltstufen 51 mit zugehörigen Anzeigelampen. Diese

Diese Schaltstufen 51 erhalten ihre Ansprechschwellwerte durch die Eingabevorrichtungen 52, mit denen den Schaltstufen vorgegeben wird, bei welchem Wert und Vorzeichen der (in den Vergleichsstufen zwischen Soll- und Istwert saldierten) Differenzsignale ein Ausgangssignal und/oder ein Steuerbefehl ausgelöst werden soll. Zum Beispiel könnten für jedes gewünschte Frequenzband zwei abgestufte Schaltschwellen für Überschreiten und eines für Unterschreiten der Ist-Leistungsdichten über bzw. unter die Soll-Leistungsdichten eingestellt werden. Die im Wert kleinere Abweichung dient dann zur Signalisierung, beispielsweise über die zu den Schwellwertschaltstufen 51 gehörenden Anzeigelampen und/oder die akustische Alarmeinrichtung 53. Die im Wert größere Abweichung hingegen betätigt als Steuerbefehl ein Schaltschütz 54, welches zum Abschalten der überwachten Maschine 30 benutzt werden kann, indem es deren Stromversorgungsleitungen 55 unterbricht.

Figur 4 zeigt in schematischer Darstellung eine Arbeitsmaschine 60, insbesondere von der Art einer Presse zum Herstellen von Bolzen aus Drahtabschnitten oder dgl. Die Arbeitsmaschine 60 nach Figur 2 ist auf einem Fundament 61 befestigt. Um die Umgebung von den durch die Arbeitsmaschine erzeugten Geräuschen abzuschirmen, ist eine Schallschluckhaube 62 vorgesehen, die mittels Rollen 63 verfahrbar ist und beispielsweise von nur einer Seite her über die gesamte Arbeitsmaschine 60 verfahren werden kann.

Um sowohl die vorteilhaften Eigenschaften der Schallschluckhaube 62 als auch die Möglichkeit einer selbsttätigen Überwachung des Betriebes der Arbeitsmaschine 60 bzw. der darauf durchgeführten Fertigungsprozesse mit Hilfe des vorbeschriebenen Verfahrens und der sich darauf gründenden Einrichtung nutzen zu können, wird nach einem weiteren besonderen Merkmal der vorliegenden Erfindung eine Kombination der Schallschluckhaube einer derartigen Arbeitsmaschine mit der er-

findungsgemäßen Einrichtung vorgeschlagen.

Im in Figur 4 dargestellten Fall wird vorgeschlagen, an der Schallschluckhaube 62 einerseits die benötigten Schwingungsaufnehmer in Form von Mikrofonen 64 oder dgl. als auch die akkustische Alarmeinrichtung 53 und evtl. weitere Alarmeinrichtungen, z. B. Lichtzeichengeber, anzuordnen. Dabei bietet es sich an, die verhältnismäßig klein ausführbare erfindungsgemäße Einrichtung mit ihren verschiedenen Schaltungsmerkmalen ebenfalls an der Schallschluckhaube 62 anzuordnen und ggfs. nur eine Stromversorgungsleitung 65 nach außen zu führen.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Analytisches Untersuchungsverfahren zum selbsttätigen Überwachen des Zustandes von Maschinen oder Anlagen während des Betriebes und/oder von Fertigungsprozessen auf der Grundlage der Analyse des Spektrums von Schall- bzw. Erschütterungsschwingungen, die beim Betrieb der Maschine oder Anlage bzw. beim Fertigungsprozess entstehen und die sich bei störungsfreier Soll-Funktion der Maschine oder Anlage bzw. bei störungsfreiem Ablauf des Fertigungsprozesses vom Zustand im Fall einer Störung beliebiger Ursache typischerweise unterscheiden.
 - a) wobei zunächst Schwingungen aufgenommen werden ,
 - b) wobei diese Schwingungen sodann analysiert werden, indem das Amplitudenbild der aufgenommenen Schwingungen in eine Spektraldarstellung mit Ausweis der in einem oder mehreren Frequenzbändern ermittelten spektralen Leistungsdichtewerte umgewandelt wird,
 - c) wonach die ermittelten Leistungsdichtewerten mit vorgegebenen Leistungsdichtewerten in jedem zu Überwachenden Frequenzband verglichen werden und
 - d) schließlich beim Abweichen der ermittelten Leistungsdichtewerte von den vorgegebenen Leistungsdichtewerten Signale ausgelöst werden,

gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

 - e) Schwingungen bzw. Erschütterungen werden zunächst bei störungsfreier Soll-Funktion der Maschine oder Anlage bzw. störungsfreiem Ablauf des Fertigungsprozesses auf-



genommen, analysiert und als den verschiedenen Frequenzbändern zugeordnete Leistungsdichtewerte, z. B. als Werte einer elektrischen Größe, gespeichert, und

- f) sodann werden Schwingungen während des weiteren Betriebes der Maschine oder Anlage bzw. während des weiteren Verlaufes des Fertigungsprozesses in gleicher Weise in Leistungsdichtewerte umgewandelt und mit den gespeicherten Leistungsdichtewerten in vorbestimmter Zeitfolge und über vorbestimmte Zeiträume hinweg verglichen.

2. Einrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1

- a) mit einem oder mehreren Schwingungsaufnehmern, z. B. Erschütterungsaufnehmern oder Mikrofonen;
- b) mit einem mit den Schwingungsaufnehmern elektrisch verbundenen Spektralanalysator, der das Amplitudenbild der aufgenommenen Schwingungen in eine Spektraldarstellung mit Ausweis der in einem oder mehreren Frequenzbändern ermittelten spektralen Leistungsdichtewerte umwandelt;
- c) mit Vergleichsschaltungen zum Vergleichen der ermittelten Leistungsdichtewerte mit durch Einstellung vorgegebenen Leistungsdichtewerten in jedem zu überwachenden Frequenzband und
- d) mit Signal- und Schalteinrichtungen zur Anzeige und/oder zum Auslösen von Steuerbefehlen beim Abweichen der ermittelten Leistungsdichtewerte von vorgegebenen Leistungsdichtewerten

gekennzeichnet durch

- e) Datenspeicher (44) zum Speichern von durch Messung in



den verschiedenen Frequenzbändern (z.B. 21 bis 28) bei störungsfreier Sollfunktion der Maschine oder Anlage bzw. störungsfreiem Ablauf des Fertigungsprozesses selbsttätig gewonnenen Leistungsdichtewerten als vorzugebende Soll-Leistungsdichtewerte und

- f) einen Betriebsartenschalter (41), der die vom Spektralanalysator (38) abgegebenen Leistungsdichtewerte wahlweise entweder auf die Datenspeicher (44) oder auf die Vergleichsschaltungen (47) zu leiten gestattet.

3. Einrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1

- a) mit einem oder mehreren Schwingungsaufnehmern, z.B. Erschütterungsaufnehmern oder Mikrofonen;
- b) mit einem mit den Schwingungsaufnehmern elektrisch verbundenen Spektralanalysator, der das Amplitudenbild der aufgenommenen Schwingungen in eine Spektraldarstellung mit Ausweis der in einem oder mehreren Frequenzbändern ermittelten spektralen Leistungsdichtewerte umwandelt;
- c) mit Vergleichsschaltungen zum Vergleichen der ermittelten Leistungsdichtewerte mit durch Einstellung vorgegebenen Leistungsdichtewerten in jedem überwachten Frequenzband und
- d) mit Signal- und Schalteinrichtungen zur Anzeige und/oder zum Auslösen von Steuerbefehlen beim Abweichen der ermittelten von den vorgegebenen Leistungsdichtewerten,

gekennzeichneten durch

- e) Datenspeicher (44) zum Speichern von durch Messung in den verschiedenen Frequenzbändern (z.B. 21 bis 28)

bei störungsfreier Soll-Funktion der Maschine oder Anlage bzw. störungsfreiem Ablauf des Fertigungsprozesses selbsttätig gewonnenen Leistungsdichtewerten als vorzugebende Soll-Leistungsdichtewerte;

- f) einen Betriebsartenschalter (41), der die vom Spektralanalysator (38) abgegebenen Leistungsdichtewerte wahlweise entweder auf die Datenspeicher (44) oder auf die Vergleichsschaltungen (47) zu leiten gestattet und
 - g) eine mit der zu überwachenden Maschine (30) synchronisierte Zeitfensterschaltung (33), die über eine Torschaltung (32) die Übernahme von Leistungsdichtewerten des Spektralanalysators (38) in die Datenspeicher (44) auf einen einstellbaren Teil bzw. ein Zeitfenster (11 oder 12) eines zyklisch wiederkehrenden Arbeitstaktes (4) der zu überwachenden Maschine (30) beschränkt und über weitere Torschaltungen (46) in gleicher Weise die Funktion der Vergleichsschaltungen (47) auf eben diesen Zeitabschnitt (z.B. 5 bis 10) des Arbeitstaktes (4) beschränkt.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitfensterschaltung (33) mit den zugehörigen Torschaltungen (32, 46) dazu geeignet ist, nicht nur ein einziges Zeitfenster (11), sondern einstellbar deren mehrere innerhalb eines Arbeitstaktes (4) freizugeben, z.B. ein zweites Zeitfenster (12), wobei für jedes vorgesehene zusätzliche Zeitfenster (11, 12 und ggfs. weitere) ein gesonderter Datenspeicher (44) vorhanden ist zur Speicherung der vorzugebenden Soll-Leistungsdichtewerte, die dem zugehörigen Zeitfenster (z. B. 11 und 12) zugeordnet sind und über eine ODER-Logik gemeinsam mit den anderen Datenspeichern (44) in die Torschaltungen (46) zu den Vergleichsschaltungen (47) gelangen.

5. Einrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß Frequenzbandschalter (50) vorgesehen sind zum Ausschalten der Signalübertragung in jedem beliebigen der wählbaren Frequenzbänder (21 bis 28).
6. Presse zum Herstellen von Bolzen aus Drahtabschnitten oder eine ähnliche Arbeitsmaschine,
- gekennzeichnet durch die Kombination folgender Merkmale:
- a) der Presse bzw. Arbeitsmaschine (60) ist eine Schallschluckhaube (62) oder ein ähnlicher Schallabsorber zugeordnet und
 - b) der Presse oder Arbeitsmaschine (60) ist eine Einrichtung gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche zugeordnet, deren Schwingungsaufnehmer bzw. Mikrophone (64) innerhalb des von der Schallschluckhaube (62) umschlossenen Raumes angeordnet sind.
7. Presse nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß Schwingungsaufnehmer (64) und Signaleinrichtung bzw. Alarmeinrichtung (53) an der Schallschluckhaube (62) befestigt sind.

1/3

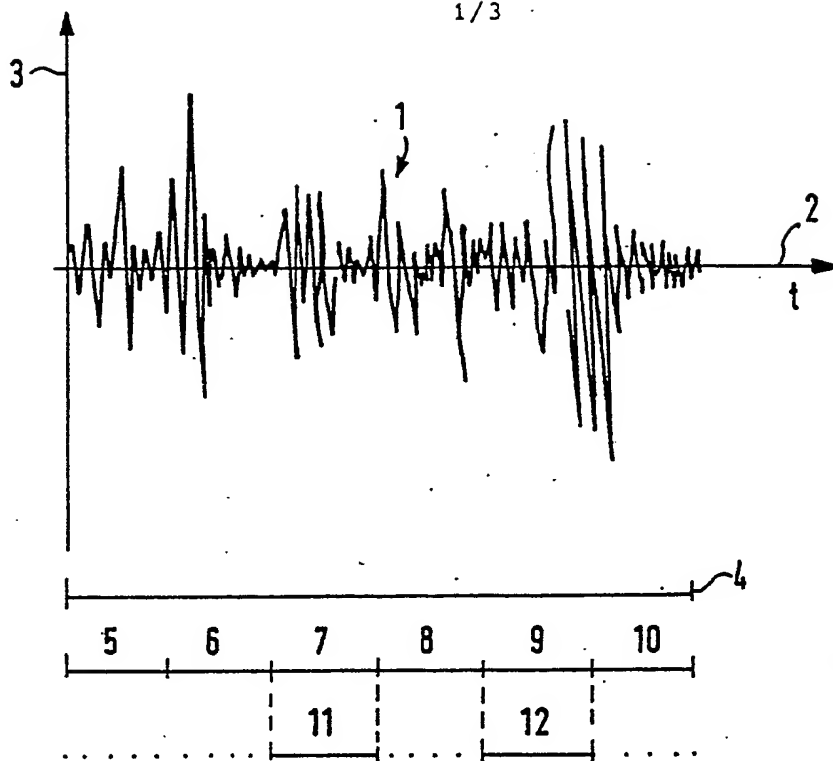


FIG. 1

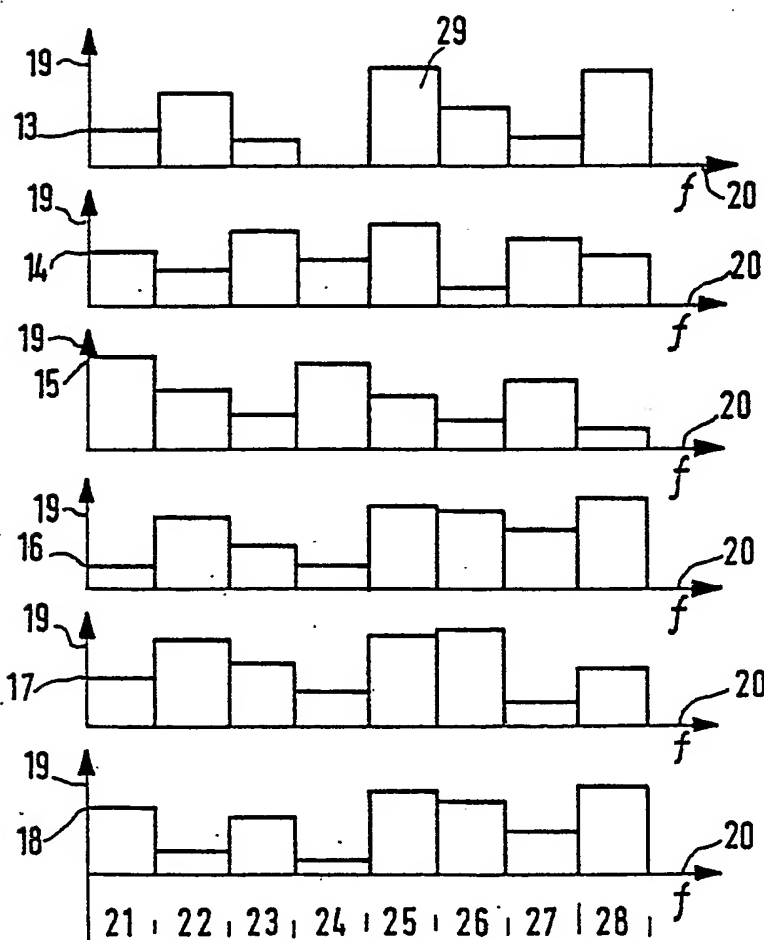


FIG. 2

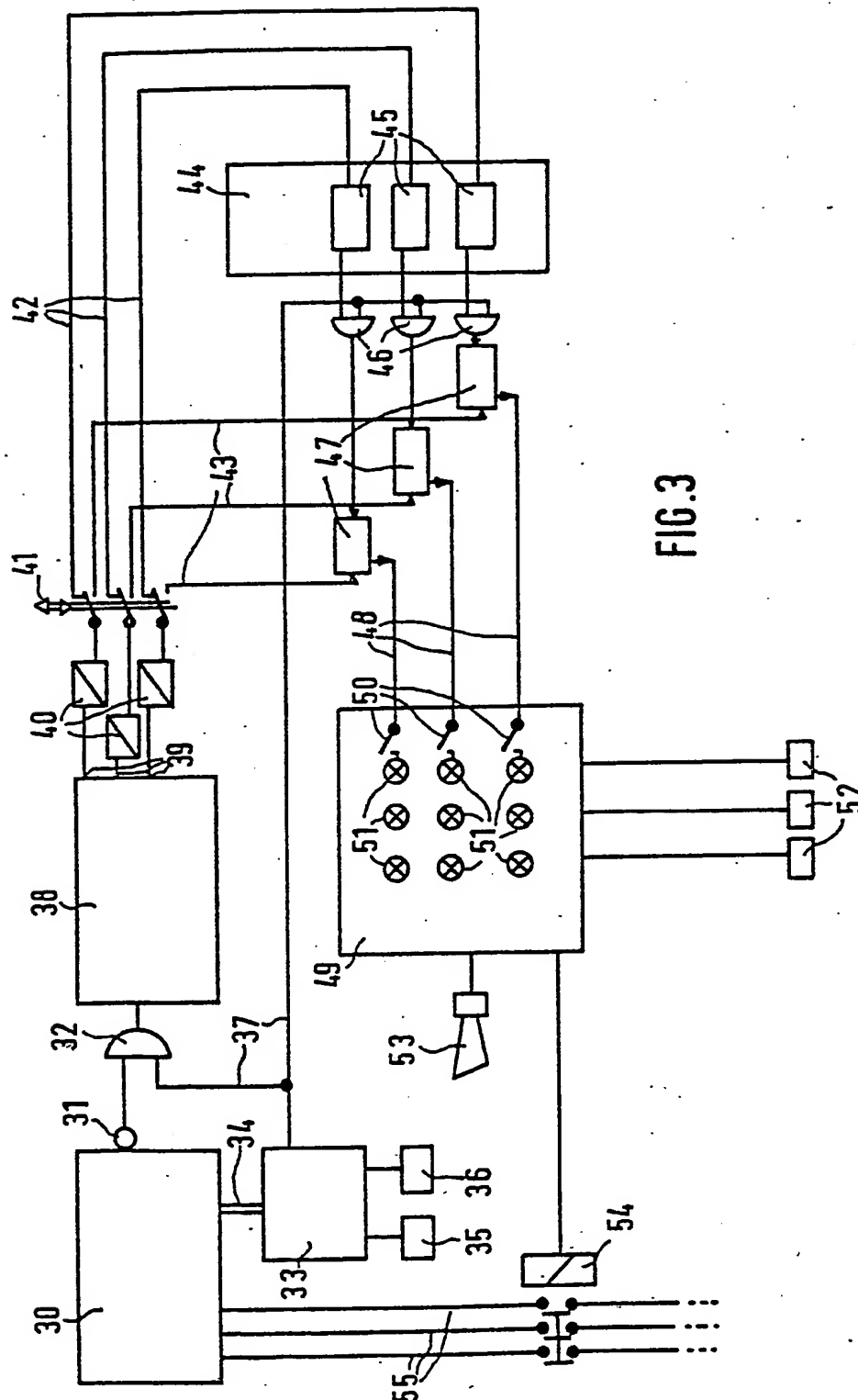


FIG. 3

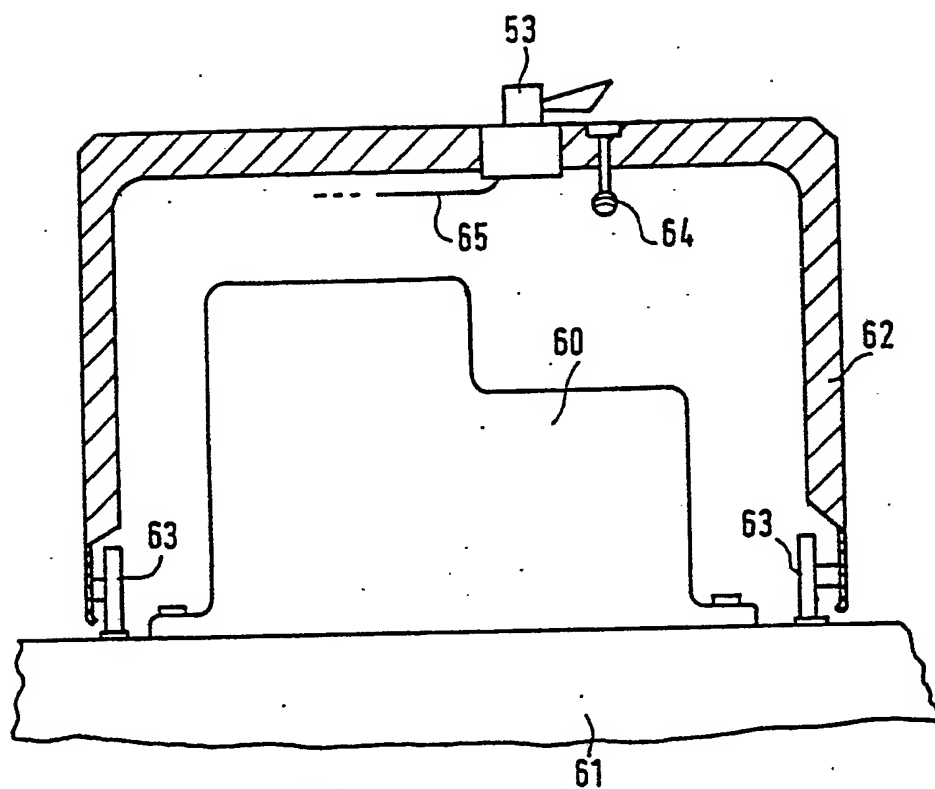


FIG. 4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

T/DE 81/00092

I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben) ³		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC		
Int.Cl. ³ : G 01 H 1/00		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁴		
Klassifikationssystem	Klassifikationsymbole	
Int.Cl. ³	G 01 H 1/00; G 01 H 3/00; G 07 C 3/00; G 01 H 3/12	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁵		
III. ALS BEDEUTSAM ANZUSEHENDE VERÖFFENTLICHUNGEN ¹⁴		
Art +	Kennzeichnung der Veröffentlichung, ¹⁶ mit Angabe, soweit erforderlich, der in Betracht kommenden Teile ¹⁷	Betr. Anspruch Nr. 18
	US, E, 30298, veröffentlicht am 3. Juni 1980, siehe Spalte 3, Zeile 41 bis Spalte 5, Zeile 38; Figur 2, M.I. Keller	1-3
A	Mécanique Matériaux Electricité, Dezember 1979, No. 360 (Paris, FR) M.P. Rapin "Les vibrations des réducteurs et multiplicateurs méthodes moderne de diagnostic remèdes possibles", Seiten 452-461, siehe Seite 456, Kapitel I Bc1 bis Seite 458, linke Spalte, Abschnitt 4; Seite 461 "Conclusions"; Figur PL III	1-3
A	GB, A, 2025050, veröffentlicht am 16. Januar 1980, siehe Seite 1, Zeile 79 bis Seite 2, Zeile 46; Figuren 1-3, Robert Bosch GmbH	3,4
P	EP, A, 0022671, veröffentlicht am 21. Januar 1981, siehe Seite 11, Zeile 20 bis Seite 13, Zeile 9; Figuren 3,5,6, Westinghouse Electric Corporation	1-3
+ Besondere Arten von angegebenen Veröffentlichungen: ¹⁵		
<p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert</p> <p>"E" frühere Veröffentlichung, die erst am oder nach dem Anmeldedatum erschienen ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die aus anderen als den bei den übrigen Arten genannten Gründen angegeben ist</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber am oder nach dem beanspruchten Prioritätsdatum erschienen ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung die am oder nach dem Anmeldedatum erschienen ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben wurde</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des tatsächlichen Abschlusses der Internationalen Recherche ²		Abmeldedatum des internationalen Recherchenberichts ²
1. Oktober 1981		20. Oktober 1981
Internationale Recherchenbehörde ¹ EUROPÄISCHES PATENTAMT		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten ²⁰ G. L. M. Kruidenberg

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/DE 81/00092

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ¹		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. ³ : G 01 H 1/00		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁴		
Classification System	Classification Symbols	
Int. Cl. ³	G 01 H 1/00 ; G 01 H 3/00 ; G 07 C 3/00 ; G 01 H 3/12	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁵		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ¹⁴		
Category ⁶	Citation of Document, ¹⁶ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No. ¹⁸
	US, E, 30298, published on 3 June 1980, see column 3, line 41 to column 5, line 38; figure 2, M.I. Keller	1 - 3
A	Mécanique Matériaux Electricité, December 1979, No. 360 (Paris, FR) M.P. Rapin 'Les vibrations des réducteurs et multiplicateurs : méthodes moderne de diagnostic remède possible', Pages 452-461, see page 456, Paragraph I B c 1 page 458, left hand column paragraph 4; page 461 'Conclusions'; Figure PL III	1 - 3
A	GB, A, 2025050, published on 16 January 1980, see page 1, line 79 to page 2, line 46; Figures 1-3, Robert Bosch GmbH	3, 4
P	EP, A, 0022671, published on 21 January 1981, see page 11, line 20 to page 13, line 9; figures 3, 5, 6, Westinghouse Electric Corporation	- 1 - 3
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁴</p> <p>"A" document defining the general state of the art</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document cited for special reason other than those referred to in the other categories</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but on or after the priority date claimed</p> <p>"T" later document published on or after the international filing date or priority date and not in conflict with the application, but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search ¹		Date of Mailing of this International Search Report ²
1 October 1981 (01.10.81)		20 October 1981 (20.10.81)
International Searching Authority ¹		Signature of Authorized Officer ²⁰
European Patent Office		